

吉小牧高専 正員 池浦 勲
 北大工学部 “ 北郷 繁
 “ “ 三田地 利之
 電源開発(株) “ 下越 仁

1. まえがき 平均主応力 p の増分 $\Delta p \leq 0$, または応力比 η の増分 $\Delta \eta \leq 0$ であるような各種応力経路による K_0 圧密粘土の排水せん断試験を行ない, 塑性ポテンシャルにおよぼす応力増分比の影響が $\Delta p > 0, \Delta \eta > 0$ の場合より小さいこと, および K_0 圧密を受けた粘性土のせん断では等方的硬化の概念が成立しないことを示した。そして, 移動硬化の概念を導入した新しい応力-ひずみ式を得た。

2. 試料および実験方法 実験に用いた試料は繰返し再圧密粘土で, その物理的性質は $L.L. = 63\%$, $P.I. = 30\%$, $G_s = 2.65$, 粘土分($< 5\mu m$) 56% である。圧密はバックアプレッシャー 100 kPa のもとで, 有効側圧 $\sigma'_3 = 200 \text{ kPa}$ まで自動 K_0 圧密装置により段階的に圧密し, その後応力制御により $K_0 = \sigma'_3/\sigma'_1 = 0.493$, $\sigma'_{3c} = 210 \text{ kPa}$ となるよう手動載荷した。これはせん断開始時の応力を各供試体を通して一定にするための手段である。せん断は以下に示す応力経路のもとに排水条件で行なった。(i) 偏差応力 $q = \sigma_a - \sigma_r = 214 \text{ kPa}$ から $q = -308 \text{ kPa}$ までの P -一定試験(PCE試験), (ii) $q = 214 \text{ kPa}$ から $q = 72 \text{ kPa}$ までの η -一定試験(η CR試験), (iii) $p = 280 \text{ kPa}$ から 172 kPa までの q -一定試験(q -CR試験), (iv) $p = 280 \text{ kPa}$ から 502 kPa までの $\Delta q/\Delta p$ -一定試験($= -2.25$, IRC試験)。

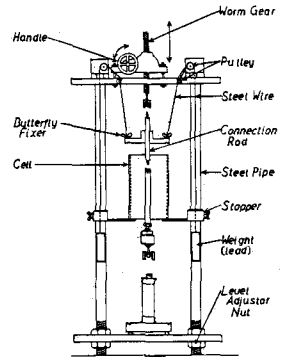


Fig. 1 Setting Apparatus For Extension

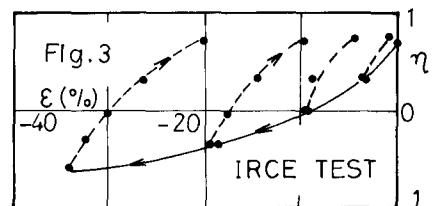
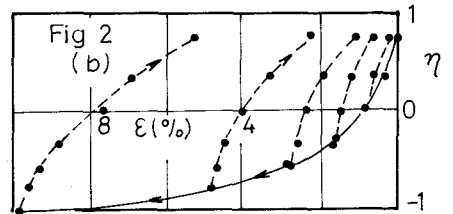
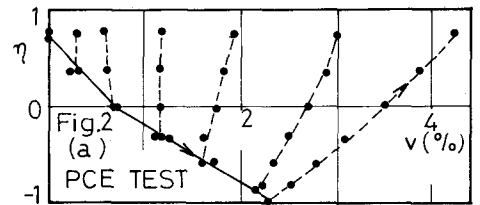
載荷は12時間間隔で段階的に行ない, 所定応力点に達したならば初期応力点まで同一経路で除荷を行なった。供試体寸法, 体積変化測定方法, 軸差応力測定方法は前報²⁾とほぼ同様であるが, 今回は伸張試験も行なうため載荷ロードとトップキャップをネジ込み式により連結する必要があり, その際の供試体への悪影響を防ぐためにFig. 1に示す三軸室組立て装置を新たに用いた。

3. 実験結果 以下において体積ひずみ ϵ_v , せん断ひずみ ϵ_s ($\epsilon_a - \epsilon_r$) ϵ_s , それらのうちの塑性成分 ϵ_v^p , ϵ_s^p と表わし, 全て圧縮(排水)を正とする。

〔応力-ひずみ関係〕 Fig. 2はPCE試験の応力-ひずみ関係を示す。(a)図は η と q が $q=0$ を折点とする直線関係にあること, および伸張試験においてもダイレタンシー中に可逆成分が存在しないことを示す。また(b)図は圧縮の場合と異なって, ϵ に可逆成分が存在することを表わしている。

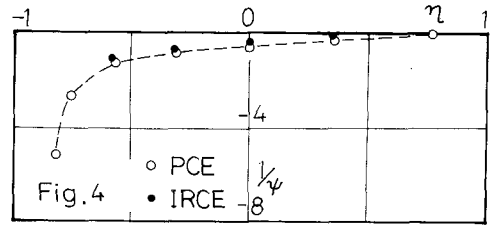
Fig. 3はIRC試験の結果であるがどのなかにも可逆成分が存在することを示している。

〔塑性ひずみ増分比〕 Fig. 4はPCE, IRC試験の実測ひずみ増分比 $d\epsilon^p/d\epsilon = 1/4$ と η との関係を示す。圧縮側で顕著に認められた, $\Delta q/\Delta p$ が小さいほど $1/4$ が小さくなるという傾向²⁾はあきらかに認められるだけである。また両試験のせ



断面開始時の $1/\psi$ はほぼゼロであった。

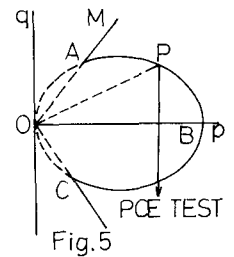
〔Cam-Clay理論の適用性〕 Fig.5はModified理論で用いられている降伏曲面を示す。図のP点からのPCE試験の場合、応力点が K_0 圧密中に拡大した降伏曲面OCBに達しなければ ψ^P は生じないはずであるが、前述のように実験結果は全く異なる。すなわち異方圧密履歴を有する粘性土では、Cam-Clay理論でなされている等方的ひずみ硬化の仮定は成立しないと考えられる。^{5), 6)}



4. 新しい応力-ひずみ式 前述の結果に基づきCam-Clay理論の仮定の一部に次のような修正を加えた。まず塑性ひずみ増分比は次式で表わされると仮定する。

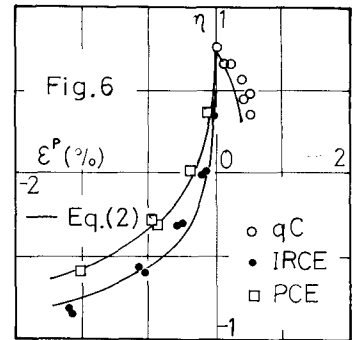
$$d\varepsilon^P/d\nu^P = a(\eta - \eta_0) / [(M - \eta_0)^2 - (\eta - \eta_0)^2] \quad \text{---- (1)}$$

ここに η_0 は異方圧密履歴の影響を表わすパラメーターであり、今回は $d\varepsilon^P/d\nu^P = 0$ となるときの η を採用した。すなわちPCE, IRCE試験では $\eta_0 = \eta_{k0} = 0.766$, 8C試験では $\eta_0 = 0.35$ ($< \eta_{k0}$)。またModified理論では $a = 2$ としているが、圧縮側



においては $\Delta\varepsilon/\Delta p$ が小なる経路ほど小さな a を用いた方がひずみと適確に表わし得た²⁾ことを考えて、8C試験では $a = 1.1$, IRCE, PCE試験では $a = 1.0$ と仮定する。次にCam-Clay理論と同様に、ひずみベクトルと降伏曲面との直交法則が成立すると仮定することによって次のような応力-ひずみ式が得られる。伸張試験では限界状態の応力比 M と M_E とをれば

$$\left. \begin{aligned} d\nu &= \frac{\lambda}{1+e} \left[\frac{dp}{p} + (1 - \frac{\kappa}{\lambda}) \frac{\eta - \eta_0}{(M_E - \eta_0)^2 + \eta_0(\eta - \eta_0)} \right] \\ d\varepsilon^P &= \frac{\lambda - \kappa}{1+e} \cdot \frac{(\eta - \eta_0)}{(M_E - \eta_0)^2 - (\eta - \eta_0)^2} \left[\frac{dp}{p} + \frac{\eta - \eta_0}{(M_E - \eta_0)^2 + \eta_0(\eta - \eta_0)} \right] \end{aligned} \right\} \quad \text{--- (2)}$$



(2)式に $M_E = -3Mc/(3+Mc)$, Mc (圧縮) = 1.35, $e = e_0 = 1.216$ と、

ηCR試験で得られた圧縮指数 $\lambda = 0.13$, 膨張指数 $\kappa = 0.030$ を代入して得られた応力-ひずみの関係を示したものがFig.6, Fig.7である。(2)式によって実験結果をほぼ説明できるようである。しかしながら、今回はパラメーター a , η_0 と塑性ひずみ増分比の実測値から仮定したものであり、それらパラメーターの物理的意味および異方圧密時の応力比や、せん断時の応力方向との関係などについて、更に考察を加えていく必要があると思われる。

〔謝辞〕 実験およびデータ整理にあたって北大工学部卒業生の服部清繁、古屋弘南君に負うところが大きい。記して謝意を表す。

〔参考文献〕

- 1) 三田地, 北郷, 唐午: 粘性土の強度特性におよぼす圧密時間の影響, 第8回土質工学研究発表会, 1973
- 2) 池瀬, 北郷, 三田地: 各種応力経路における異方圧密粘土の変形特性について, 第37回土木学会年次学術講演会第3部門, 1982
- 3) 北郷, 池瀬, 三田地, 下越: 異方圧密粘土の変形特性について, 土質工学会北海道支部技術報告集, 第22号, 1982

- 4) Roscoe & Burland: On the generalized stress-strain behaviour of 'wet' clay, Engineering plasticity, 1968
- 5) Wood: Truly triaxial stress-strain behaviour of Kaolin, Proc. Symp. Plasticity & S.M., 1973
- 6) 関口, 太田: 正規圧密粘土における異方性と時間効果, 第12回土質工学研究発表会, 1977

